

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-225881

(43)Date of publication of application : 25.08.1998

(51)Int.Cl.

B25J 9/06  
B25J 19/00

(21)Application number : 09-044938

(71)Applicant : NATL AEROSPACE LAB

(22)Date of filing : 14.02.1997

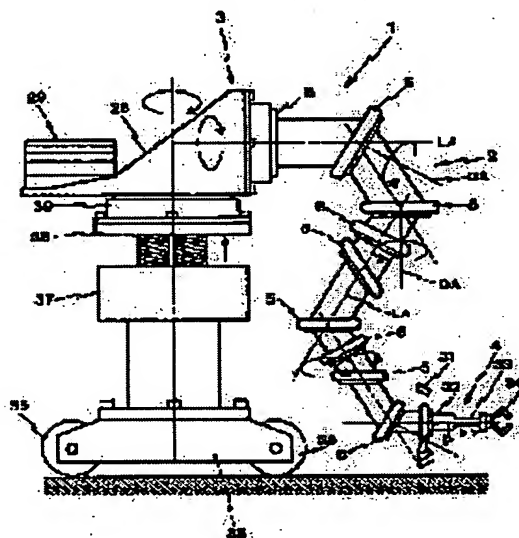
(72)Inventor : OKAMOTO OSAMU  
NAKATANI TERUOMI

(54) OFFSET ROTATION JOINT, AND ARTICULATED ROBOT HAVING SAME OFFSET ROTARY JOINT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an articulated robot, and a joint mechanism for that in which motion of a large freedom degree can be obtained by combination of joints each having a rotation mechanism only, in which weight reduction and high power of the joints can be achieved, in which payload to self-weight is large, and in which multi-stage articulation, a large moving range, and complicated and precise motion can be achieved.

SOLUTION: A rotation control frame provided with a coreless electric direct drive motor on an inclined surface to a link axial line is provided between a driving side link and a driven side link to compose an offset rotary joint 5 having an offset rotation axial line OA in which the driven side link is inclined to a link axial line LA, and the offset rotary joints are provided in plural stages between a robot main body 3 and an end effector 4, thereby precise three-dimensional positioning of the end effector 4 can be performed by composite motion of the offset rotary joints 5.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.02.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.02.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the articulated robot having the offset revolution joint which has the new structure especially replaced with the conventional hinge mold joint, and this offset revolution joint about an articulated robot's joint device.

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional robot has the various things by the vector method, the scalar method, the parallel link method, and the combination method from the structure of a joint. The joint device of a vector method is a device which combined the device of the rotational degrees of freedom of the circumference of the shaft of a link, and the flexibility of the circumference of the hinge shaft which carries out deflection of the link in the field which passes along a shaft to a link shaft, and carries out a polar-coordinate-motion of 2 flexibility. The joint device of a scalar method carries out the axial revolution of the link in a vertical plane to a link shaft, and is applied to the motion within a flat surface. Moreover, a parallel link method is the \*\* three-dimension motion device which combined the actuation cylinder style of plurality (6 [ for example, ]). Furthermore, a combination method is what combined the above-mentioned all directions type with many joints, it is the compound-die device which mainly combined the hinge device, the axial rolling mechanism, and the link, and many of conventional articulated robots have adopted this method.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Among said conventional joint devices, since the slowdown machine which consists of a planet-gear style etc. exists between a hinge device and a drive motor, a vector method has a problem in a precision of a link of operation, a hinge moment, etc. in the backlash by rotation, the magnitude of bearing, etc. Since a link serves as a cantilever structure, the joint of a scalar method is difficult for combining many joints. Moreover, a big burden will be placed on a cylinder by it if a parallel link method is made into multistage combination. And in the conventional articulated robot which combined the above-mentioned all directions type, a drive is required for every functions, such as deflection and a revolution, there are [ the default of the motion by the deflection by self-weight and low natural frequency occurs, so that a joint device becomes complicated, and weight relief is also difficult and is use as multistage, and ] problems, like the pay load to a self-weight is small, and the articulated robot which needs still satisfying power is not obtain.

[0004] Then, this invention can obtain a motion of many flexibility in the combination of a joint only with a rolling mechanism, can perform weight relief of a joint by leaps and bounds as compared with the conventional articulated robot, moreover can obtain high power, and its pay load to a self-weight is large, and it aims at offering the articulated robot with which multistage connection can be performed and a movable range can carry out a large complicated precise motion, and its joint device.

[0005]

[Means for Solving the Problem] An offset revolution joint of this invention which solves the above-mentioned trouble By preparing a roll control structure equipped with a revolution drive motor in a field

made to incline to a link axis between links which constitute an arm, fixing the main working side link to a fixed part side of said revolution drive motor, and fixing a follower by-pass link to a Rota side It constitutes so that it may have offset axis of rotation toward which a follower by-pass link inclined to a link axis, and a follower by-pass link is made to carry out cone motion by making an intersection of said link axis and offset axis of rotation into top-most vertices.

[0006] Although said revolution drive motor consists of a core loess electric direct-drive motor suitably, and the main working side link is fixed to a stator side of this core loess electric direct-drive motor and it comes to fix a follower by-pass link to a Rota side, a hydraulic motor, or electrical and electric equipment and a hydraulic motor is also employable. And when said roll control structure is formed in a ring configuration which consists of a revolution drive motor, an encoder, a brake gear, and the slip ring and said link also forms it in midair, an offset revolution joint from which a link and a roll control structure became continuation hollow structure is obtained.

[0007] And an articulated robot which has an offset revolution joint of this invention A roll control structure equipped with a revolution drive motor is prepared in a field made to incline to a link axis between the main working side link of a link which constitutes an arm, and a follower by-pass link. An offset revolution joint which has offset axis of rotation toward which said follower by-pass link inclined to said link axis is constituted. This offset revolution joint between a robot main part and an end effector For example, the compound movement is made to perform three-dimension positioning of said end effector by preparing two or more steps so that an offset angle of rotation may serve as an opposite phase by turns, and carrying out manifold-type control of these by computer.

[0008] A revolution drive motor of the above-mentioned offset revolution joint has a desirable core loess electric direct-drive motor. And a multifunctional articulated robot with a more wide and movable range is obtained the above-mentioned offset revolution joint, a coaxial revolution joint which consists of a roll control structure prepared among both links so that a follower by-pass link and the main working side link might have the same axis of rotation, and by reaching or combining revolution / expansion adjustment device.

[0009] An arm can be formed in the shape of [ to an end effector from a robot main part ] continuation hollow by constituting each link, each offset revolution joint, each coaxial revolution joint, and each revolution / expansion adjustment device in hollow structure, respectively. And by arranging a flexible hose, a power supply, a signal line, etc. in a continuation centrum of this arm, the arm itself can constitute a matter conveyance way and signal transduction ways, such as a fuel and power makeup, on a body [ handling ], and it can obtain a robot which has a special function which the conventional robot does not have. Furthermore, robots which can apply suitable also for the bottom of ultimate environment, such as an extinction robot for example, in a fire site etc., are obtained by covering an arm with covering which consisted of materials which exist [ shock resistance / a water resisting property thermal resistance, or ].

[0010] In addition, a rotary motor of not only an electric motor but various format can be used for a revolution drive motor of the above-mentioned offset revolution joint, for example, a hydraulic-motor system may be applied to a revolution drive motor of an offset revolution joint by the side of a robot main part, and it may apply an electric motor to a revolution drive motor of an offset revolution joint by the side of said end factor, and may use it as a hybrid mold.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained to details based on a drawing. Drawing 1 - drawing 5 show the operation gestalt of the articulated robot of this invention. The arm 2 of the robot 1 of this operation gestalt has the connection link connected by two or more offset revolution joints 5 and two or more coaxial revolution joints 6 between the robot main part 3 and the end effector 4, and it is constituted so that motion of many flexibility can be given to an end effector 4 by the compound movement of many joints. Although the combination of an offset revolution joint and a coaxial revolution joint can adopt various gestalten, as shown in drawing 1 , it constituted [ as 1 set ] the connection link for two pieces combining the coaxial revolution joint 6 suitably in combination and pars intermedia so that offset angle gamma might become reverse by turns about the

offset revolution joint 5 and a configuration side might become Ha's character type, and has adopted six offset revolution joints and three coaxial revolution joints with this operation gestalt.

[0012] In addition, in the following explanation, the link of another side which considered the side near a robot main part as the main working side link, and was connected with this main working side link in the relative relation of two links connected by the joint is called a follower by-pass link.

[0013] To the link axis LA of the main working side link 7, the above-mentioned offset revolution joint 5 forms the roll control structure 10 in the actuation side 8 of which angle gamma dip was done, and is constituted as clearly shown by drawing 4. By that cause, gamma becomes whenever [ offset angle ] whenever [ tilt-angle ], and gamma will carry out cone rotation of the follower by-pass link 9 whenever [ offset angle ] by making the intersection P of the offset axis of rotation OA and the link axis LA into top-most vertices.

[0014] The revolution drive motor of the roll control structure 10 consists of these operation gestalten as a core loess electric direct-drive motor, the ring-like stator frame 11 is fixed to the actuation side of the main working side link 7, and the Rota frame 14 is being fixed to the actuation side 13 where the follower by-pass link inclined. A bearing 15 is formed between the inner skin of a stator frame, and the Rota frame peripheral face, and a stator coil 16 is formed in stator frame inner skin, it forms the Rota magnet 17 in the peripheral face of the Rota frame, and the core loess electric direct-drive motor is constituted. In addition, with this operation gestalt, of course, said stator frame and the Rota frame may be formed in one with the main working side link and a follower by-pass link, respectively, although it forms in an exception object, respectively with the actuation side of the main working side link and a follower by-pass link and assembly immobilization has been carried out.

[0015] In drawing 4, 18 is fixed to the end face of the Rota frame, it is the sensor which detects angle of rotation of this encoder board, and it is the ring board-like encoder board and 19 constitutes [ it is fixed to a stator frame and ] the encoder from said encoder board. Moreover, the brake board of the shape of the ring board by which 20 was fixed to the Rota frame 14, and 21 are brake shoes which sandwich the periphery section of this brake board at the time of actuation, and are driven with the actuator 22 fixed to the stator frame. An actuator 22, a brake shoe 21, and the brake board 20 constitute the disk brake as a brake gear, and it functions as a stopper which does positioning maintenance of the angle of rotation of an offset revolution joint. 23 is the power supply and a signal line which transmits power and a signal to each roll control structure or an end effector. even if each joint rotates in the direction of arbitration by forming slip ring equipment 24 between the stator frame 11 and the Rota frame 14, and connecting [ between ] the power supply and signal line during each link with this operation gestalt -- a power supply and a signal line -- the joint section -- it can twist -- \*\*\*\*\* -- things were prevented and the complicated motion of an arm was made easy. The inner ring 26 which formed the outer ring 25 in the stator frame side, and was prepared in this outer ring at the Rota frame side is formed pivotable through a ball bearing, and said slip ring equipment 24 counters each ring, it prepares a slip terminal and is constituted.

[0016] By driving a core loess electric direct-drive motor, as shown in drawing 5, by carrying out cone motion whose offset angle gamma dip the follower by-pass link 9 did to the link axis, and controlling the angle of rotation of a core loess electric direct-drive motor by the encoder, the offset revolution joint 5 which it comes to constitute as mentioned above can choose the actuation angle phi over the follower axis of a follower by-pass link as arbitration, and can position it. In drawing 5, (a) shows the case of phi= 0 degree of actuation angles, and the main working side link and a follower by-pass link will be in the condition of having extended in the shape of a straight line, in that case. The condition that phi= 90 degrees (b) rotated from the condition, and (c) rotated phi= 180 degrees and phi= 270 degrees (d) is expressed. And by operating a disk brake, a follower by-pass link is fixed to the main working side link in the location, and the main working side link and a follower by-pass link will really be in a condition firmly in the predetermined location which carried out the operating-angle revolution.

[0017] Moreover, since it is the same configuration as an offset revolution joint except actuation side 8' being a right angle to the main link axis LA as shown in drawing 4, the coaxial revolution joint 6 attaches the same sign as an offset revolution joint, and omits detailed explanation. The coaxial

revolution joint 6 has the function to rotate the link axis LA for a follower by-pass link as axis of rotation, and can carry out the arbitration angle revolution of the follower by-pass link.

[0018] The thing of various gestalten can be used for the above-mentioned end effector 4 according to a use, and with this operation gestalt, it consists of visual sensors 31, such as a camera formed in the periphery section of the point coaxial revolution joint 30, list 33 prepared in the point link 32 possible [expansion] according to linear motion devices, such as a cylinder and a linear motor, and a hand 34 which be an operating tool, and have revolution and expansion / hand function. Moreover, it is also possible to form various kinds of sensors, such as a tactile sensor and a sense-of-force sensor, in a hand if needed.

[0019] On the other hand, as shown in drawing 1, the robot main part 3 forms the vertical actuation actuators 37, such as a motor and cylinder equipment, on the truck 36 which has a driving wheel 35, and through the electromotive roll control structure 39 which becomes the stand 38 in which vertical actuation is carried out by it from the same device as said electromotive roll control structure 10, the main part frame 28 is supported and it consists of these operation gestalten. Therefore, the main part frame 28 of the robot main part 3 moves a floor line up and down while it is movable to arbitration, and it can control the height and angle of rotation by the driving wheel in the location of arbitration. In addition, 29 in drawing is a weight for balance.

[0020] since it is constituted as mentioned above and the offset revolution joint 5 and the coaxial revolution joint 6 are formed by the core loess electric direct-drive motor in the air, the articulated robot of this operation gestalt can be markedly alike compared with the conventional joint device, and can constitute lightweight. and without bending by self-weight arising, even if it can support heavy loading to the prepared bearing and connects [side / bearing] a link in multistage, since the load by the side of a follower acts on the fitting side of a cylinder-like stator frame and the Rota frame as a radial road, the pay load of the end factor over a self-weight can also be markedly boiled as compared with the conventional articulated robot, and can be enlarged.

[0021] One [moreover,] of the characteristic functions of the articulated robot of this operation gestalt By carrying out manifold-type control of the core loess electric direct-drive motor of each offset revolution joint and each coaxial revolution joint by computer As shown in drawing 1 - drawing 3, accuracy can be made to be able to carry out a very complicated motion to an arm, and a factor can be turned in a complicated motion and a complicated direction, and, moreover, the actuation range within a three-dimension side is being able to transmit big running torque greatly. In the example of drawing 3, it twists around a body [handling] by making arm 2 self into a hand device, and the condition of having grasped the body [handling] 27 is shown. In this case, by controlling the operating angle  $\phi$  of each offset revolution joint 5, it can twist and the force can be controlled. Therefore, the body [handling] 27 can be twisted and grasped by the bolting force of arbitration by rotating a motor until it prepares the torque sensor in each motor and a predetermined setting-out load acts on a motor. Therefore, in the articulated robot of this invention, the large-sized heavy lift which cannot be held by the end effector also becomes handling. Moreover, the robot of this operation gestalt may output high power, and since a detailed precise motion is also controllable, he can apply suitable also for the care robot which needs power.

[0022] Each link and each joint are hollow-like, and since the arm serves as a continuation hollow barrel, the still more characteristic function of the articulated robot of this operation gestalt is being able to use the inside of an arm as supply ways, such as various matter, and energy or a signal, from a direct robot main part. Without a signal line and an energy line being outside exposed, this is protected with an arm and is dramatically rich in usefulness technically. Thereby, by the conventional robot, the functional robot which can apply also to the impossible use can be obtained, and the use range of a robot can be expanded much more.

[0023] The operation gestalt shown in drawing 7 and drawing 8 shows the example which made the flexible hose 36 penetrate in an arm using the hollow barrel of an arm. It is applicable to the ultimate robot which supplies drugs etc. to the bottoms of particular status environment, such as digestive robots, chemical processing plants, etc. in a fire site, such as a building which has the dangerous substance by

supplying drugs, water, etc., such as a digestive, through this flexible hose by that cause. In that case, by sensing an object [ handling ] at sensor guards, such as a visual sensor, and a computer's analyzing the location, and controlling each roll control structure, an end effector can carry out a complicated motion, can catch an object [ handling ], and can supply the matter to an exact location. Moreover, since the flexible hose is contained in the arm, it is not put to direct external environment, is protected, and enables matter supply by the harsh environment. For example, if the supply of a direct article to the interior of a flame and the whole arm front face are constituted or laminated with a corrosion-resisting material, the manipulator which can supply a direct article into etching fluid, such as strong acid, and can do processing and an activity can be obtained.

[0024] Moreover, inflight refueling to the aircraft and the application as a manipulator which enables prehension of a spacecraft, repair, makeup, recovery, etc. as one of the Rendezvous docking technology in space are also possible. Furthermore, the offset revolution joint device of this invention -- the moon's surface -- if it is adopted as legs, such as a working robot and a bipedal robot, it is possible to obtain the multi-flexibility working robot in which bending and stretching exercises, splash motion, and locomotion are possible with the combination of two or more legs.

[0025] drawing 8 show other operation gestalten which established a means to hold a flexible tube to an arm core certainly so that it may not be influence by motion of each joint , and the connection means which a signal and power can transmit and supply certainly , without the power line and a signal line being able to twist in the joint section , or twine , when make a flexible pipe penetrate in an arm . In addition, since the offset revolution joint and coaxial revolution joint in this operation gestalt are the same as that of said operation gestalt, the same sign as said operation gestalt is attached, and detailed explanation is omitted.

[0026] It is supporting so that the inside of drawing and 40 may be slip ring equipment, as for this slip ring equipment, may come to carry out fitting support of the inner ring 42 at an outer ring 41 pivotable through a bearing, it may be supported along with an axial center through the spring 43 of plurality [ outer ring / 41 / edge / main working side link ], the flexible pipe 45 may fit into the inner skin of an inner ring 42 and an arm and an axial center may carry out abbreviation coincidence of this flexibility pipe 45.

[0027] A majority of two or more terminal lines 47 which meet an inner ring 42 at shaft orientations are arranged at intervals of predetermined at a circumferencial direction, the ends appear in an inner ring peripheral face, two or more input/output terminals are constituted, the signal line and the power line 46 from the main working side link side are suitably connected to each input terminal 49, the signal line and the power line by the side of a follower by-pass link are connected to each output terminal 50, respectively, and power and a signal are supplied and transmitted at a follower by-pass link side. And multipoint connection is carried out to the slip terminal 51 of each 1 arranged at intervals of predetermined at shaft orientations at the outer ring peripheral face from each terminal line. On the other hand, the slip terminal which carries out phase opposite with the slip terminal of said inner ring, and contacts the inner skin of an outer ring 41 is arranged, said slip terminal and the connected terminal appear in a peripheral face, it connects with the stator coil of a roll control structure, an encoder, an actuator, etc. according to the class of each terminal, and power and a signal can be supplied to each.

[0028] Drawing 9 shows the operation gestalt at the time of applying the articulated robot concerning this invention to an extinction robot. 60 in drawing is a motor fire engine, and the extinction robot 65 is laid in the platform 63 established in the crowning of the boom mast 62 constituted free [ the telescopic motion installed on the body 61 and tilting ]. On this extinction robot's 65 arm 66, the flexible tube which leads to the nozzle prepared in the end effector has penetrated, and it connects with the feed water hose equipment 67 with which the end face of this flexible tube is prolonged possible [ telescopic motion ] from the body. As for feed water hose equipment, the pump is connected with the source of feed water, or the fire extinguisher supply source through equipment. Moreover, the periphery section of a robot arm is covered with covering formed with the material which has flexibility in a heatproof, a deck watertight luminaire, and shock resistance strongly, and it is constituted so that a robot arm may be protected in a flame.



[0029] According to the extinction robot of this operation gestalt constituted as mentioned above, like a graphic display Make the boom mast 62 expand and contract and a platform 63 is brought close to the fire outbreak site of a building 69. By operating an articulated robot, while the operator who is present in a platform supervises the source of a fire detected with the visual sensor formed in the extinction robot's 65 end effector by the monitor of a control panel 68 Direct water or a fire extinguisher can be turned to an extinction location from the end effector at the head of an arm, and it can inject. Therefore, since a closest approach can be carried out to the source of a fire and water or a fire extinguisher can be injected, extinction effectiveness can be raised by leaps and bounds than before.

[0030] Drawing 10 shows the operation gestalt applied to the repair robot 75 which repairs the failure generated in the place dangerous for human beings, such as the interior of a tank of a chemical processing plant 70, entering directly, and an accident part. The repair robot 75 is laid in the platform 74 established in the crowning of the boom mast 73 constituted like said operation gestalt free [ the telescopic motion prepared on the body 72 of a truck crane 71, and tilting ]. And the periphery section of the robot arm 76 is covered with the covering 77 formed with the material which has flexibility in a heatproof, a deck watertight luminaire, and shock resistance strongly.

[0031] Since this repair robot 75 can move an end effector with many flexibility as mentioned above and can transmit high torque, he can repair a direct failure part and an accident part with the tool attached in the end effector by operating an articulated robot, supervising the remedy part detected with the visual sensor formed in the end effector by the monitor of a control panel 78. Moreover, articles, such as direct drugs and components, can be supplied to a remedy part through the interior of an arm, and the first-aid treatment in emergency can also be coped with.

[0032] Moreover, although not illustrated, even if the articulated robot of this invention applies to a assembling robot, he is dramatically effective. According to this invention, with the combination of many joints, since the motion with a flexible arm is possible, in case it is assembly operation, a hand can arrive to the side of front and rear, right and left, and by the conventional assembling robot, the impossible complicated solid assembly becomes possible. And since the articulated robot of this invention can get high torque and a heavy load and a precision and a detailed motion can be obtained, it is possible to apply also to the micro robot which needs an ultraprecise and detailed motion from a large-sized assembling robot or a working robot.

[0033] Drawing 11 shows the operation gestalt which applied the articulated robot of this invention to the care robot. The care robot 80 of this operation gestalt constitutes so that human being may carry out and a care activity can be performed by the compound movement of the manipulators 81 and 82 which consist of two arms formed in the many joints of this invention. The peripheral face of an arm is covered with the covering 90 which consists of a cushioning material, and has given safety. 83 and 83 are stereoscopic cameras and enable it to recognize distance and magnitude like human being's vision by supervising in three dimensions among drawing. Moreover, 84 is a sound sensor and 85 is a communications antenna. Furthermore, as for the GPS (broader-based positioning system) equipment with which 86 determines this robot's location, and 87, an alarm lamp and 88 are monitors. In addition, although it enables it to have run with this operation gestalt by forming in a self-propelled mode, for example, putting on a wheelchair 89 like a graphic display at a male nurse-ed, it is also possible to fix to a bedroom, a ward, etc., and to constitute so that nursing of a bathing auxiliary activity etc. may be performed.

[0034] As mentioned above, although the various operation gestalten of the articulated robot of this invention were shown, the articulated robot of this invention does not restrict to the above-mentioned operation gestalt, and design changes various by within the limits of the technical thought are possible for him. For example, the combination of an offset revolution joint and a coaxial revolution joint is not restricted to the above-mentioned operation gestalt, and various combination is possible for it according to the use. Drawing 6 shows the modification of the combination, since the structure of a coaxial revolution joint and an offset revolution joint is the same as said operation gestalt, the same sign is shown, and since the array is clear from on a drawing, detailed explanation is omitted. In addition, in drawing 6 (d), it is the link connection regulatory mechanism section, and 50 consists of flanged joints,

at the time of remedy of this robot etc., it separates an arm and can separate it now from this section. Moreover, the mounting angle of the follower by-pass link which carries out the main working side link pair through this flanged joint can also be adjusted.

[0035] Furthermore, with the above-mentioned operation gestalt, although the electric direct-drive motor is adopted as an offset revolution joint and a coaxial revolution joint, it cannot necessarily restrict to it and a hydraulic motor, or the electrical and electric equipment and a hydraulic motor can also be adopted. Furthermore, it is also possible to adopt an electric motor as an end effector side, and to make a hydraulic-motor system the offset revolution joint by the side of a coaxial revolution joint at a hybrid mold.

[0036]

[Effect of the Invention] Since a follower by-pass link makes the intersection of a link axis and offset axis of rotation top-most vertices and whenever [ offset angle ] carries out cone rotation, by preparing two or more these offset revolution joints, the offset revolution joint of this invention is the easy device of only rotation, and can perform precise three-dimensions positioning in the extensive movable range of an end effector. And since it is only an axial revolution, precise point-to-point control is easily possible, and torque big moreover can be told. Moreover, by adopting an electric direct-drive motor as a revolution drive motor, a joint can be formed in a small light weight, and a joint in the air can be obtained.

[0037] The articulated robot of this invention can get a motion of many flexibility in the combination of a joint only with a rolling mechanism, weight relief of a joint can be performed by leaps and bounds as compared with the conventional articulated robot, moreover high power can be obtained, the pay load to a self-weight is large, multistage connection can be performed and a movable range can carry out a large complicated precise motion.

[0038] Since the articulated robot of this invention can form the whole arm containing an offset revolution joint and a coaxial revolution joint in a continuation hollow barrel By preparing a flexible hose etc. in an arm, it can be used as supply ways, such as various matter, and energy or a signal, from a direct robot main part. And this supply way is in an arm cylinder, since it is not put to direct external environment and protected, the matter supply by the harsh environment etc. is attained and the robot which can apply to versatility much more can be obtained.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the front view showing the operation gestalt of the articulated robot of this invention, and is an ups-and-downs actuation schematic diagram when turning an end effector in the complicated direction.

[Drawing 2] It is the front view showing the condition of having extended each of that offset revolution joint in the shape of a straight line.

[Drawing 3] It is the actuation front view and is a schematic diagram of operation when twisting around an object [ handling ] by having made the arm itself into the hand device, and holding.

[Drawing 4] (a) is the transverse-plane cross section showing the operation gestalt of the offset revolution joint and a coaxial revolution joint, and (b) is the enlarged view of the slip ring section.

[Drawing 5] (a) - (d) is actuation explanatory drawing of the offset revolution joint concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] (a) - (e) is the important section front view showing the various combination gestalten in multistage connection of the offset revolution joint concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is an important section transverse-plane cross section in the condition of having made the arm of the articulated robot concerning the operation gestalt of this invention penetrating a flexible hose.

[Drawing 8] It is an important section transverse-plane cross section in the condition of having made the arm of the articulated robot concerning other operation gestalten of this invention penetrating a flexible hose.

[Drawing 9] It is the mimetic diagram showing the working state at the time of applying the articulated robot concerning the operation gestalt of this invention to an extinction robot.

[Drawing 10] It is the mimetic diagram showing the working state at the time of applying the articulated robot concerning the operation gestalt of this invention to a repair robot.

[Drawing 11] It is the mimetic diagram showing the working state at the time of applying the articulated robot concerning the operation gestalt of this invention to a care robot.

## [Description of Notations]

- 1 Robot 2, 66, 76 Arm
- 3 Robot Main Part 4 End Effector
- 5 Offset Revolution Joint 6 Coaxial Revolution Joint
- 7 Main Working Side Link 8 13 Actuation Side
- 9 Follower By-pass Link 10 Roll Control Structure
- 14 Rota Side Frame 15 Bearing
- 16 Stator Coil 17 Rota Magnet
- 18 Encoder Board 19 Sensor
- 20 Brake Board 21 Brake Shoe
- 22 Actuator 23 46 Power Supply and Signal Line
- 24 Slip Ring Equipment 25 41 Outer Ring

26 42 Inner ring 28 Main part frame  
30 Point Coaxial Revolution Joint 31 Visual Sensor  
32 Point Link 33 List  
34 Hand 36 Truck  
37 Vertical Actuation Actuator 38 Stand  
39 Electromotive Roll Control Structure 40 Slip Ring Equipment  
43 Spring 45 Flexible Pipe  
47 Terminal Line 49 Input Terminal  
50 Output Terminal 51 Slip Terminal  
60 Motor Fire Engine 62 73 Boom Mast  
63 74 Platform 65 Extinction robot  
67 Feed Water Hose Equipment 68 78 Control Panel  
70 Chemical Processing Plant 71 Truck Crane  
75 Repair Robot 80 Care Robot  
81 82 Manipulator 83 Stereoscopic camera  
84 Sound Sensor 85 Communications Antenna  
86 GPS 87 Alarm Lamp  
88 Monitor

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The offset revolution joint characterized by preparing a roll control structure equipped with a revolution drive motor in a field made to incline to a link axis between links which constitute an arm, and fixing the main working side link to a fixed part side of said revolution drive motor, and fixing a follower by-pass link to a Rota side, and making it have offset axis of rotation toward which a follower by-pass link inclined to a link axis.

[Claim 2] An offset revolution joint according to claim 1 at which the main working side link is fixed to a stator side of this core loess electric direct-drive motor, and it comes to fix a follower by-pass link to a Rota side by said revolution drive motor consisting of a core loess electric direct-drive motor.

[Claim 3] An offset revolution joint according to claim 1 at which the main working side link is fixed to a housing side of this hydraulic motor, or an electrical and electric equipment and a hydraulic motor, and it comes to fix a follower by-pass link to a Rota side by said revolution drive motor consisting of a hydraulic motor, or electrical and electric equipment and a hydraulic motor.

[Claim 4] An offset revolution joint according to claim 2 or 3 from which said roll control structure is formed in a ring configuration which consists of a revolution drive motor, an encoder, a brake gear, and the slip ring, and has said main working side link and said follower by-pass link, and continuation hollow structure.

[Claim 5] A roll control structure equipped with a revolution drive motor is prepared in a field made to incline to a link axis between the main working side link of a link which constitutes an arm, and a follower by-pass link. An offset revolution joint which has offset axis of rotation toward which said follower by-pass link inclined to said link axis is constituted. An articulated robot which has an offset revolution joint characterized by preparing these two or more steps of offset revolution joints between a robot main part and an end effector, and enabling it to perform three-dimension positioning of said end effector by compound movement of said offset revolution joint.

[Claim 6] An articulated robot according to claim 5 said whose revolution drive motor is a core loess electric direct-drive motor.

[Claim 7] An articulated robot according to claim 5 or 6 which has a coaxial revolution joint which consists of a roll control structure prepared between a follower by-pass link and the main working side link so that a follower by-pass link and the main working side link might have the same axis of rotation.

[Claim 8] An articulated robot according to claim 5, 6, or 7 which established revolution / expansion adjustment device between said offset revolution joints.

[Claim 9] claims 5-8 which said link, said offset revolution joint, said coaxial revolution joint, and revolution / expansion adjustment device can be constituted by hollow structure, respectively, an arm has a continuation centrum, can arrange a flexible hose, and a power supply and a signal line in a continuation centrum of this arm, and can transmit a fuel, power makeup, and a signal to the supplied body -- an articulated robot of any or a publication.

[Claim 10] claims 5-9 apply a hydraulic-motor system to a revolution drive motor of an offset revolution joint by the side of a robot main part, apply an electric motor to a revolution drive motor of an offset

revolution joint by the side of said end factor, and it enabled it to apply to a hybrid mold -- an articulated robot of any or a publication.

[Claim 11] claims 5-10 covered with covering with which an arm which consists of said each link and each roll control structure consists of a material with a water resisting property and thermal resistance -- an articulated robot of any or a publication.

---

[Translation done.]

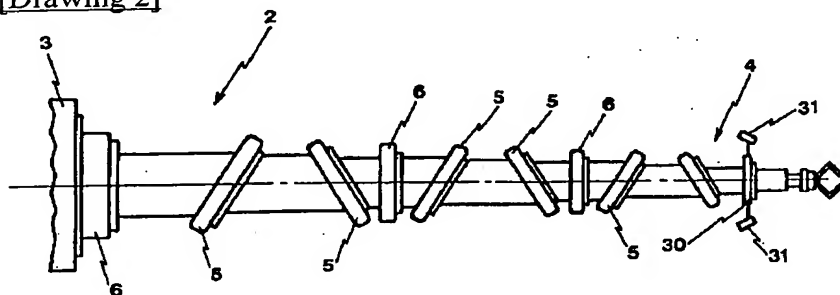
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

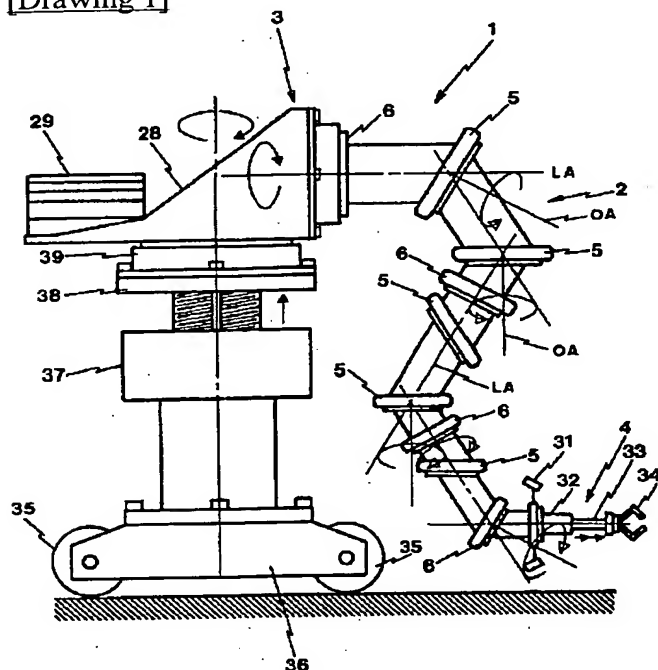
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

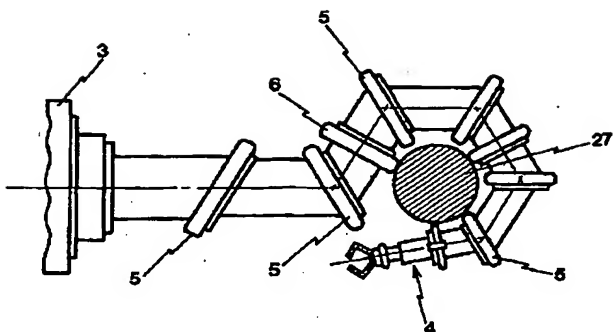
[Drawing 2]



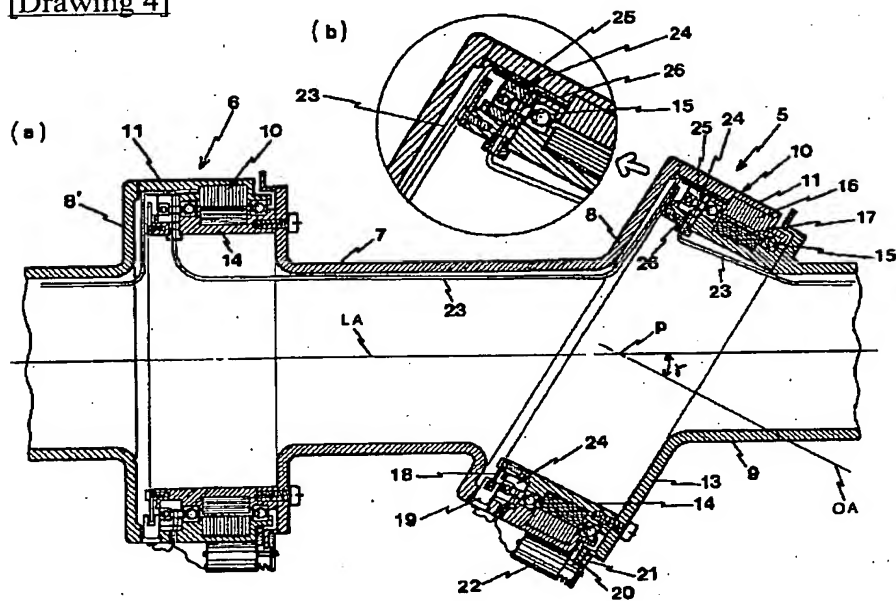
[Drawing 1]



[Drawing 3]

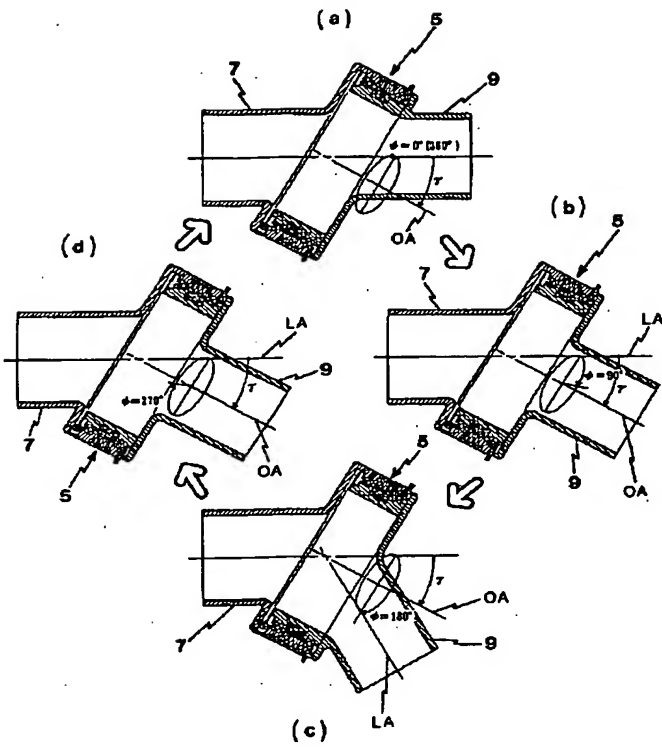


[Drawing 4]

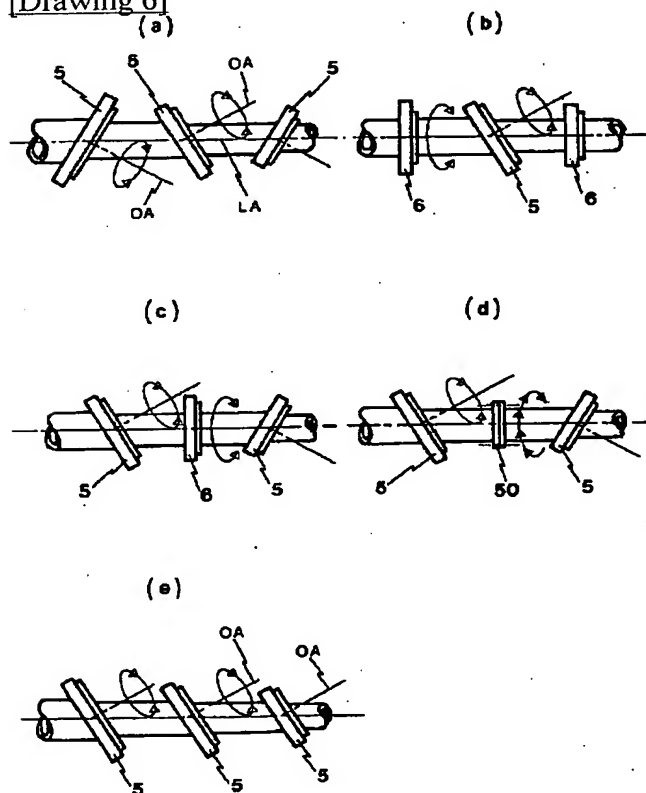


[Drawing 5]

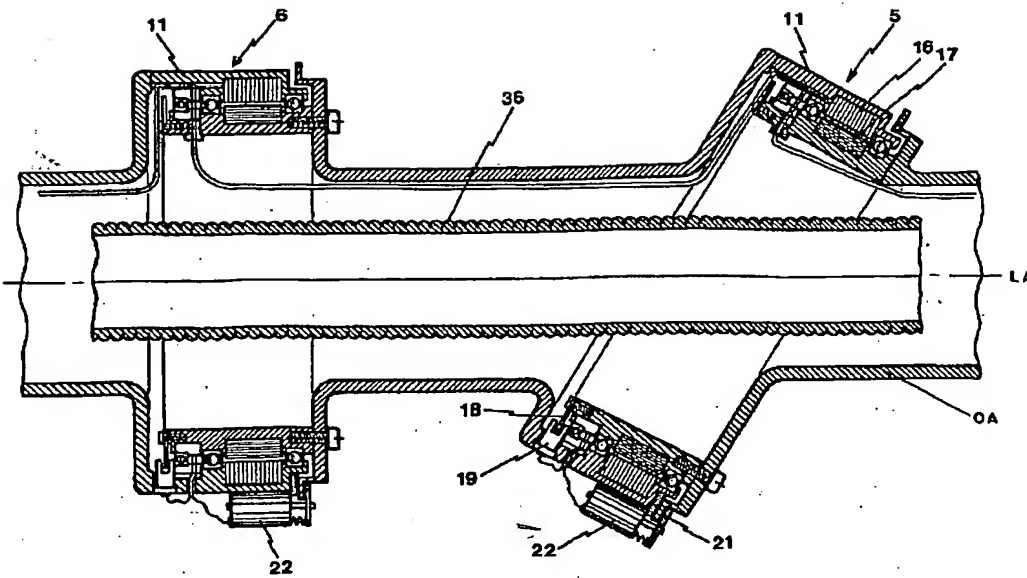




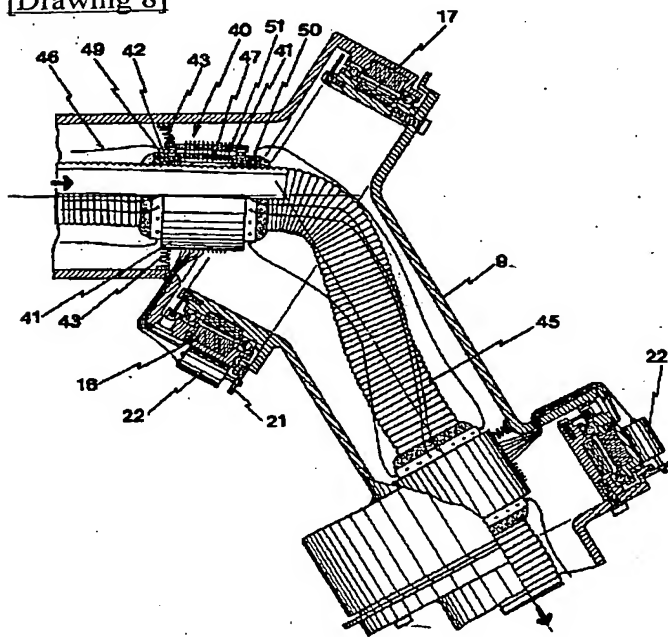
[Drawing 6]



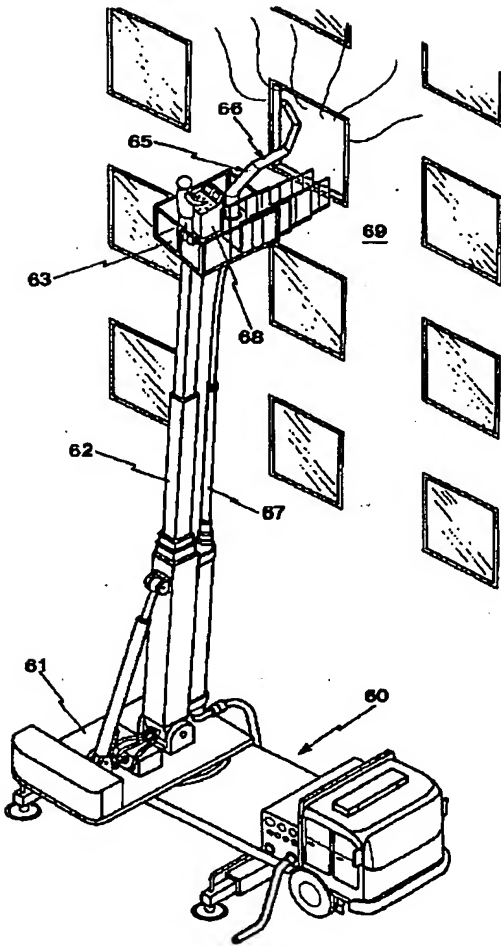
[Drawing 7]



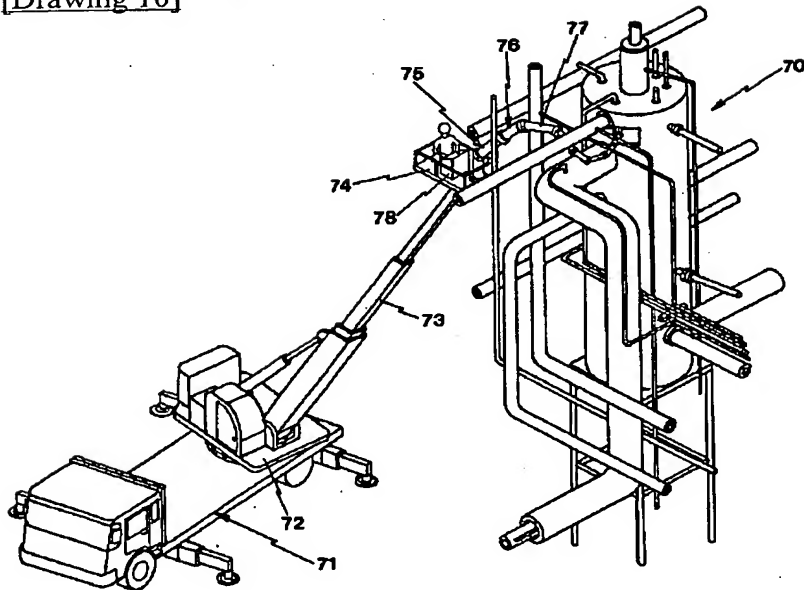
[Drawing 8]



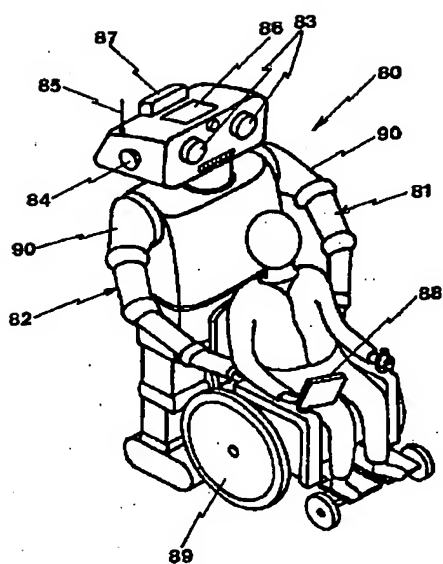
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-225881

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月25日

(51) Int.Cl.\*

識別記号

F I

B 2 5 J 9/06  
19/00

B 2 5 J 9/06  
19/00

A  
F

審査請求 有 請求項の数11 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-44938

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月14日

(71) 出願人 391037397

科学技術庁航空宇宙技術研究所長  
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1

(72) 発明者 岡本 修

東京都東大和市上北台2-880 上北台住  
宅5-301

(72) 発明者 中谷 輝臣

東京都町田市本町田2379 木曾住宅ホ-6  
-212

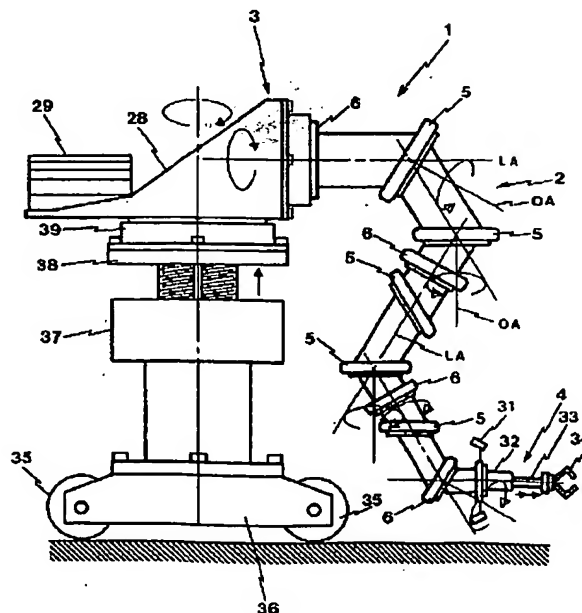
(74) 代理人 弁理士 大城 重信 (外1名)

(54) 【発明の名称】 オフセット回転関節及び該オフセット回転関節を有する多関節ロボット

(57) 【要約】

【課題】 回転機構のみを持つ関節の組合せで多自由度の動きを得ることができ、関節の重量軽減と高パワーを得ることができ自重に対するペイロードが大きく、多段接続ができて可動範囲が広く複雑な精密な動きをすることができる多関節ロボットとその関節機構を得る。

【解決手段】 主動側リンクと従動側リンク間に、リンク軸線に対して傾斜させた面にコアレス電動直接駆動モータを備えた回転制御構体を設けて、従動側リンクがリンク軸線LAに対して傾斜したオフセット回転軸線OAを有するオフセット回転関節5を構成し、該オフセット回転関節をロボット本体3とエンドエフェクター4との間に複数段設け、オフセット回転関節5の複合運動によりエンドエフェクター4の精密な3次元位置決めが行える。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 アームを構成するリンク間に、リンク軸線に対して傾斜させた面に回転駆動モータを備えた回転制御構体を設け、前記回転駆動モータの固定部側に主動側リンクを固定し且つロータ側に従動側リンクを固定して、従動側リンクがリンク軸線に対して傾斜したオフセット回転軸線を有するようにしたことを特徴とするオフセット回転関節。

【請求項2】 前記回転駆動モータがコアレス電動直接駆動モータからなり、該コアレス電動直接駆動モータのステータ側に主動側リンクを、ロータ側に従動側リンクを固定してなる請求項1記載のオフセット回転関節。

【請求項3】 前記回転駆動モータが油圧モータ又は電気・油圧モータからなり、該油圧モータ又は電気・油圧モータのハウジング側に主動側リンクを、ロータ側に従動側リンクを固定してなる請求項1記載のオフセット回転関節。

【請求項4】 前記回転制御構体が、回転駆動モータ、エンコーダ、ブレーキ装置、及びスリップリングからなるリング形状に形成され、前記主動側リンク及び前記従動側リンクと連続中空構造となっている請求項2又は3記載のオフセット回転関節。

【請求項5】 アームを構成するリンクの主動側リンクと従動側リンク間に、リンク軸線に対して傾斜させた面に回転駆動モータを備えた回転制御構体を設けて、前記従動側リンクが前記リンク軸線に対して傾斜したオフセット回転軸線を有するオフセット回転関節を構成し、該オフセット回転関節をロボット本体とエンドエフェクターとの間に複数段設け、前記オフセット回転関節の複合運動により前記エンドエフェクターの3次元位置決めが行えるようにしたことを特徴とするオフセット回転関節を有する多関節ロボット。

【請求項6】 前記回転駆動モータがコアレス電動直接駆動モータである請求項5記載の多関節ロボット。

【請求項7】 従動側リンクと主動側リンクが同一回転軸線を有するように従動側リンクと主動側リンク間に設けられた回転制御構体からなる同軸回転関節を有する請求項5又は6記載の多関節ロボット。

【請求項8】 前記オフセット回転関節間に、回転・伸展調整機構を設けた請求項5、6又は7記載の多関節ロボット。

【請求項9】 前記リンク、前記オフセット回転関節、前記同軸回転関節、及び回転・伸展調整機構がそれぞれ中空構造に構成されてアームが連続中空部を有し、該アームの連続中空部に可撓ホースや電源・信号線を配設して、被供給体に燃料・電力補給及び信号を伝達することができる請求項5～8何れか記載の多関節ロボット。

【請求項10】 ロボット本体側のオフセット回転関節の回転駆動モータに油圧モータ系を、前記エンドエフェクター側のオフセット回転関節の回転駆動モータに電気モ

ータを適用してハイブリッド型に適用できるようにした請求項5～9何れか記載の多関節ロボット。

【請求項11】 前記各リンクと各回転制御構体からなるアームが、耐水性、耐熱性のある材料からなるカバーで覆われている請求項5～10何れか記載の多関節ロボット。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、多関節ロボットの関節機構に関し、特に従来のヒンジ型関節に代わる新規な構造を有するオフセット回転関節、及び該オフセット回転関節を備えた多関節ロボットに関する。

**【0002】**

【従来の技術】従来のロボットは、関節の構造からベクトル方式、スカラー方式、パラレルリンク方式及び組合せ方式による種々のものがある。ベクトル方式の関節機構は、リンクの軸回りの回転自由度と、リンク軸に対して軸を通る面内でリンクを変角するヒンジ軸回りの自由度の機構を組み合わせた機構で、2自由度の極座標的な動きをする。スカラー方式の関節機構は、リンク軸に対して垂直面内でリンクを軸回転させるものであり、平面内の動きに適用される。また、パラレルリンク方式は、複数（例えば6本）の駆動シリンダ機構を組合せた3次元モーション機構である。さらに、組合せ方式は、上記の各方式を多関節に組み合わせたもので、主にヒンジ機構と軸回転機構及びリンクを組合せた複合型機構であり、従来の多関節ロボットの多くがこの方式を採用している。

**【0003】**

【発明が解決しようとする課題】前記従来の関節機構のうち、ベクトル方式は、ヒンジ機構と駆動モータとの間に遊星ギヤ機構等からなる減速器が存在するため、回転によるバックラッシュや軸受の大きさ等でリンクの動作精度、ヒンジモーメント等に問題がある。スカラー方式の関節は、リンクが片持ち構造となるため、多くの関節を組み合わせることは難しい。また、パラレルリンク方式は、多段組合せにするとシリンダに大きな負担がかかる。そして、上記の各方式を組み合わせた従来の多関節ロボットでは、変角、回転等の機能ごとに駆動機構が必要で、関節機構が複雑となり、重量軽減も難しく、多段にする程自重によるたわみ、低固有振動による動きの怠慢が発生し、且つ自重に対するペイロードが小さい等の問題があり、未だ満足のいくパワーを必要とする多関節ロボットは得られてない。

【0004】そこで、本発明は、回転機構のみを持つ関節の組合せで多自由度の動きを得ることができ、従来の多関節ロボットと比較して飛躍的に関節の重量軽減ができ、しかも高パワーを得ることができて自重に対するペイロードが大きく、多段接続ができて可動範囲が広く複雑な精密な動きをすることができる多関節ロボットとそ

の関節機構を提供することを目的とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決する本発明のオフセット回転関節は、アームを構成するリンク間に、リンク軸線に対して傾斜させた面に回転駆動モータを備えた回転制御構体を設けて、前記回転駆動モータの固定部側に主動側リンクをロータ側に従動側リンクを固定することにより、従動側リンクがリンク軸線に対して傾斜したオフセット回転軸線を有するように構成して、従動側リンクが前記リンク軸線とオフセット回転軸線の交点を頂点として、円錐運動するようにしたものである。

【0006】前記回転駆動モータは、好適にはコアレス電動直接駆動モータからなり、該コアレス電動直接駆動モータのステータ側に主動側リンクを、ロータ側に従動側リンクを固定してなるが、油圧モータ又は電気・油圧モータも採用することもできる。そして、前記回転制御構体を、回転駆動モータ、エンコーダ、ブレーキ装置、及びスリップリングからなるリング形状に形成し、且つ前記リンクも中空に形成することによって、リンクと回転制御構体が連続中空構造となったオフセット回転関節が得られる。

【0007】そして、本発明のオフセット回転関節を有する多関節ロボットは、アームを構成するリンクの主動側リンクと従動側リンク間の、リンク軸線に対して傾斜させた面に回転駆動モータを備えた回転制御構体を設け、前記従動側リンクが前記リンク軸線に対して傾斜したオフセット回転軸線を有するオフセット回転関節を構成し、該オフセット回転関節をロボット本体とエンドエフェクターとの間に、例えばオフセット回転角が交互に逆位相となるように複数段設け、これらをコンピュータで連成制御することによって、その複合運動により前記エンドエフェクターの3次元位置決めを行うようにしたものである。

【0008】上記オフセット回転関節の回転駆動モータは、コアレス電動直接駆動モータが望ましい。そして、上記オフセット回転関節と、従動側リンクと主動側リンクが同一回転軸線を有するように両リンク間に設けられた回転制御構体からなる同軸回転関節、及び又は回転・伸展調整機構を組合せることによって、より可動範囲が広く且つ多機能の多関節ロボットが得られる。

【0009】各リンク、各オフセット回転関節、各同軸回転関節及び各回転・伸展調整機構をそれぞれ中空構造に構成することによって、アームをロボット本体からエンドエフェクターに到る連続中空状に形成することができる。そして、該アームの連続中空部に可撓性ホースや電源・信号線等を配設することによって、アーム自体が被取扱物体に燃料・電力補給等の物質搬送路及び信号伝達路を構成し、従来のロボットにない特殊機能を有するロボットを得ることができる。さらに、アームを耐水

性、耐熱性、あるいは耐衝撃性等のある材料で構成されたカバーで覆うことによって、例えば火災現場等における消火ロボット等、極限環境下にも好適に適用できるロボットが得られる。

【0010】なお、上記オフセット回転関節の回転駆動モータは、電動モータに限らず、種々の形式の回転モータを採用することができ、例えば、ロボット本体側のオフセット回転関節の回転駆動モータに油圧モータ系を、前記エンドファクター側のオフセット回転関節の回転駆動モータに電気モータを適用してハイブリッド型にしても良い。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基に詳細に説明する。図1～図5は、本発明の多関節ロボットの実施形態を示している。本実施形態のロボット1のアーム2は、ロボット本体3とエンドエフェクター4との間に複数のオフセット回転関節5と複数の同軸回転関節6によって連結された接続リンクを有し、多関節の複合運動により、エンドエフェクター4に多自由度の運動を与えることができるように構成されている。オフセット回転関節と同軸回転関節の組合せは種々の形態が採用できるが、本実施形態では、図1に示すように、オフセット回転関節5をオフセット角 $\gamma$ が交互に逆になって構成面がハの字型になるように2個を1組として組合せ、且つ中間部に適宜同軸回転関節6を組み合わせて接続リンクを構成し、6個のオフセット回転関節と3個の同軸回転関節を採用している。

【0012】なお、以下の説明において、関節によって連結された2個のリンクの相対関係において、ロボット本体に近い側を主動側リンクとし、該主動側リンクに連結された他方のリンクを従動側リンクと称する。

【0013】上記オフセット回転関節5は、図4に明示されているように、主動側リンク7のリンク軸線LAに対して、角度 $\gamma$ 傾斜させた作動面8に回転制御構体10を設けて構成されている。それにより、傾斜角度 $\gamma$ がオフセット角度となり、従動側リンク9はオフセット回転軸線OAとリンク軸線LAとの交点Pを頂点として、オフセット角度 $\gamma$ の円錐回転運動することになる。

【0014】回転制御構体10の回転駆動モータは、本実施形態ではコアレス電動直接駆動モータとして構成され、主動側リンク7の作動面にリング状のステータフレーム11が固定され、従動側リンクの傾斜した作動面13にロータフレーム14が固定されている。ステータフレームの内周面とロータフレーム外周面との間にはベアリング15が設けられ、且つステータフレーム内周面にはステータコイル16を、ロータフレームの外周面にはロータマグネット17を設けてコアレス電動直接駆動モータを構成している。なお、本実施形態では、前記ステータフレーム及びロータフレームは、主動側リンク及び従動側リンクの作動面とそれぞれ別体に形成して組立固

定してあるが、もちろん主動側リンク及び従動側リンクとそれぞれ一体に形成してもよい。

【0015】図4において、18はロータフレームの端面に固定されてリング盤状のエンコーダ盤であり、19は該エンコーダ盤の回転角度を検出するセンサであり、ステータフレームに固定され、前記エンコーダ盤とでエンコーダを構成している。また、20はロータフレーム14に固定されたリング盤状のブレーキ盤、21は作動時に該ブレーキ盤の外周部を挟み付けるブレーキシューであり、ステータフレームに固定されたアクチュエータ22によって駆動される。アクチュエータ22、ブレーキシュー21、及びブレーキ盤20によってブレーキ装置としてのディスクブレーキを構成し、オフセット回転関節の回転角度を位置決め保持するストッパーとして機能する。23は各回転制御構体やエンドエフェクターに電力や信号を伝達する電源・信号線である。本実施形態では、ステータフレーム11とロータフレーム14との間にスリップリング装置24を設けて各リンク間の電源・信号線を接続することによって、各関節が任意方向に回転しても電源・信号線が関節部で捻じれや絡まることを防ぎ、アームの複雑な動きを容易にした。前記スリップリング装置24は、ステータフレーム側にアウトerring25を設け、該アウトerringにロータフレーム側に設けたインナerring26をボールベアリングを介して回転可能に設け、各リングに対向してスリップ端子を設けて構成されている。

【0016】以上のように構成されてなるオフセット回転関節5は、コアレス電動直接駆動モータを駆動することによって、図5に示すように、従動側リンク9がリンク軸線に対してオフセット角 $\gamma$ 傾斜した円錐運動をし、コアレス電動直接駆動モータの回転角をエンコーダで制御することによって、従動側リンクの従動軸線に対する作動角 $\phi$ を任意に選択して位置決めすることができる。図5において、(a)は作動角 $\phi=0^\circ$ の場合を示し、その場合は主動側リンクと従動側リンクは一直線状に伸展した状態となる。(b)はその状態から $\phi=90^\circ$ 、(c)は $\phi=180^\circ$ 、(d)は $\phi=270^\circ$ 回転した状態を表している。そして、所定の作動角度回転した位置で、ディスクブレーキを作動させることによって、従動側リンクは主動側リンクに対してその位置で固定され、主動側リンクと従動側リンクが強固に一体状態となる。

【0017】また、同軸回転関節6は、図4に示すように、作動面8'が主リンク軸線LAに対して直角となっている以外はオフセット回転関節と同様な構成であるので、オフセット回転関節と同様な符号を付し詳細な説明は省略する。同軸回転関節6は、従動側リンクをリンク軸線LAを回転軸線として回転させる機能を有し、従動側リンクを任意角度回転させることができる。

【0018】上記エンドエフェクター4は、用途に応じ

て種々の形態のものが採用でき、本実施形態では、先端部同軸回転関節30の外周部に設けたカメラ等の視覚センサ31、先端部リンク32にシリンダやリニアモータ等のリニア運動機構により伸展可能に設けられたリスト33、及び作業用ツールであるハンド34とから構成され、回転・伸展・ハンド機能を有している。また、必要に応じてハンドに、触覚センサ・力覚センサ等各種のセンサを設けることも可能である。

【0019】一方、ロボット本体3は、本実施形態では図1に示すように、動輪35を有する台車36上にモータやシリンダ装置等の上下駆動アクチュエータ37を設け、それによって上下駆動される架台38に前記電動式回転制御構体10と同様な機構からなる電動式回転制御構体39を介して本体フレーム28が支持されて構成されている。従って、ロボット本体3の本体フレーム28は、動輪によって床面を任意に移動可能であると共に、上下動してその高さや回転角度を任意の位置に制御することができる。なお、図中29はバランス用の重錘である。

【0020】本実施形態の多関節ロボットは、以上のように構成され、オフセット回転関節5及び同軸回転関節6が中空のコアレス電動直接駆動モータで形成されているので、従来の関節機構に比べて格段に軽量に構成することができる。しかも従動側の荷重が、円筒状のステータフレームとロータフレームの嵌合面に設けられたベアリングにラジアル荷重として作用するので、重荷重を支えることができ、リンクを多段に接続しても自重による撓みが生じることもなく、自重に対するエンドファクターのペイロードも従来の多関節ロボットと比較して格段に大きくすることができる。

【0021】また、本実施形態の多関節ロボットの特徴的な機能の一つは、各オフセット回転関節及び各同軸回転関節のコアレス電動直接駆動モータをコンピュータで連成制御することにより、図1～図3に示すように、アームに非常に複雑な動きを正確にさせることができ、エンドファクターを複雑な動きや方向に向けることができ、しかも3次元面内の作動範囲が大きく、且つ大きな回転トルクを伝達することができることである。図3の例では、アーム2自身をハンド機構として被取扱物体に巻き付けて、被取扱物体27を把持した状態を示している。この場合各オフセット回転関節5の作動角度 $\phi$ を制御することによって、巻き付け力を制御することができる。従って、各モータにトルクセンサを設けておき、モータに所定の設定負荷が作用するまでモータを回転させることによって、任意の締め付け力で被取扱物体27を巻き付け把持することができる。そのため、本発明の多関節ロボットでは、エンドエフェクターで保持することができないような、大型の重量物でも取扱可能となる。また、本実施形態のロボットは高パワーを出力し得、しかも微細な精密な動きも制御可能であるから、パワーを



必要とする介護ロボットにも好適に適用できる。

【0022】本実施形態の多関節ロボットのさらに特徴的な機能は、各リンク及び各関節が中空状であり、アームが連続中空筒体となっているので、アーム内を直接ロボット本体から種々の物質やエネルギー又は信号等の供給路として使用することができることである。このことは、信号線やエネルギー線が外部に露出することなく、アームで保護されることであり、技術的に非常に有用性に富んでいる。それにより従来のロボットでは不可能であった用途にも適用できる機能ロボットを得ることができ、ロボットの用途範囲を一段と拡大することができる。

【0023】図7及び図8に示す実施形態では、アームの中空筒体を利用してアーム内に可撓性ホース36を貫通させた例を示している。それにより、該可撓性ホースを介して消化剤等の薬剤や水等を供給することによって例えば危険物がある建物等の火災現場における消化ロボットや化学プラント等特殊環境下に薬剤等を供給する極限ロボットに適用することができる。その場合、視覚センサ等のセンサ機構で被取扱物を感知して、その位置をコンピュータで分析して各回転制御構体を制御することによって、エンドエフェクターは、複雑な動きをして被取扱物を捕らえることができ、的確な位置に物質を供給することができる。また、可撓性ホースは、アーム内に収納されているので、直接外部環境に曝されることがなく保護され、悪環境での物質供給を可能とする。例えば、火災内部への直接の物品の供給や、アーム表面全体を耐食性材料で構成又はラミネートすれば、強酸等の腐食液中に直接物品を供給して処理や作業を行なうことができるマニピュレータを得ることができる。

【0024】また、航空機への空中給油や、宇宙におけるランデブ・ドッキング技術の一つとして、宇宙機の捕捉、修理、補給、回収等を可能とするマニピュレータとしての適用も可能である。さらに、本発明のオフセット回転関節機構を月面作業ロボットや歩行ロボット等のレッグに採用すれば、複数本のレッグの組合せにより、屈伸運動、揺動運動、歩行運動が可能な多自由度作業ロボットを得ることが可能である。

【0025】図8は、アーム内に可撓性パイプを貫通させる場合に、各関節の動きに影響されないように確実にアーム中心部に可撓性チューブを保持する手段と、電力線や信号線が関節部で捻じれたり絡まったりすることなく、確実に信号や電力が伝達・供給できる連結手段を設けた他の実施形態を示している。なお、本実施形態におけるオフセット回転関節及び同軸回転関節は前記実施形態と同様であるので、前記実施形態と同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0026】図中、40はスリッピング装置であり、該スリッピング装置はアウターリング41にインナーリング42がベアリングを介して回転可能に嵌合支持さ

れてなり、アウターリング41が主動側リンク端部に複数のスプリング43を介して軸心に沿って支持され、インナーリング42の内周面に可撓性パイプ45が嵌合し、該可撓性パイプ45をアームと軸心が略一致するように支持している。

【0027】インナーリング42には軸方向に沿う複数本の端子線47が円周方向に所定間隔で多数配置され、その両端がインナーリング外周面に出て複数の入出力端子を構成し、各入力端子49には主動側リンク側からの信号線や電力線46が適宜接続され、各出力端子50には従動側リンク側の信号線や電力線がそれぞれ接続され、従動側リンク側に電力や信号を供給・伝達する。そして、各端子線からアウターリング外周面に軸方向に所定間隔で配置されたそれぞれ1のスリップ端子51に分岐接続されている。一方、アウターリング41の内周面には、前記インナーリングのスリップ端子と相対向して接触するスリップ端子が配置され、外周面には前記スリップ端子と接続された端子が出て、それぞれの端子の種類に応じて、回転制御構体のステータコイル、エンコーダ、アクチュエータ等に接続され、それぞれに電力や信号を供給することができる。

【0028】図9は、本発明に係る多関節ロボットを消火ロボットに適用した場合の実施形態を示している。図中60は消防車であり、その車体61上に設置された伸縮・傾動自在に構成されたブームマスト62の頂部に設けられたプラットフォーム63に消火ロボット65が載置されている。該消火ロボット65のアーム66には、エンドエフェクターに設けられたノズルに通じる可撓性チューブが貫通しており、該可撓性チューブの基端が車体から伸縮可能に延びている給水ホース装置67に連結されている。給水ホース装置は、ポンプを装置を介して給水源又は消火剤供給源に連結されている。また、ロボットアームの外周部は、耐熱・耐水・耐衝撃性に強く且つ可撓性のある材料で形成されたカバーで覆われ、火災中でロボットアームを保護するように構成されている。

【0029】以上のように構成されたこの実施形態の消火ロボットによれば、図示のように、ブームマスト62を伸縮させて、プラットフォーム63を建物69の火災発生現場に近付け、プラットフォームにいるオペレータが消火ロボット65のエンドエフェクターに設けられた視覚センサで検出された火災源を制御盤68のモニターで監視しながら多関節ロボットを操作することによって、アーム先端のエンドエフェクターから直接水又は消火剤を消火位置に向けて噴射することができる。従って、火災源に最接近して水又は消火剤を噴射することができるので、従来よりも飛躍的に消火効率を向上させることができる。

【0030】図10は、化学プラント70のタンク内部等人間が直接立ち入るのに危険な所で発生した故障や事故箇所を補修する修理ロボット75に適用した実施形態

を示している。前記実施形態と同様に、クレーン車 71 の車体 72 上に設けられた伸縮・傾動自在に構成されたブームマスト 73 の頂部に設けられたプラットフォーム 74 に修理ロボット 75 が載置されている。そして、ロボットアーム 76 の外周部は、耐熱・耐水・耐衝撃性に強く且つ可撓性のある材料で形成されたカバー 77 で覆われている。

【0031】この修理ロボット 75 は、前記のようにエンドエフェクターを多自由度で動かすことができ、且つ高トルクを伝達することができるので、エンドエフェクターに設けられた視覚センサで検出された補修箇所を制御盤 78 のモニターで監視しながら多関節ロボットを操作することによって、エンドエフェクターに取り付けられたツールで直接故障箇所や事故箇所を補修することができる。また、アーム内部を介して補修箇所に直接薬剤や部品等の物品を供給することができ、緊急時の応急処置にも対処できる。

【0032】また、図示していないが、本発明の多関節ロボットは、立体組立ロボットに適用しても非常に有効である。本発明によれば多関節の組合せによりアームがフレキシブルな動きが可能であるため、組立作業の際、前後左右の側面までハンドが届くことができ、従来の組立ロボットでは不可能であった複雑な立体組立が可能となる。そして、本発明の多関節ロボットは高トルク・高負荷を得ることができ、且つ精密・微細な動きを得ることができるので、大型の組立ロボットや作業ロボットから超精密・微細な動きを必要とするマイクロロボットにも適用することが可能である。

【0033】図 11 は、本発明の多関節ロボットを介護ロボットに適用した実施形態を示している。本実施形態の介護ロボット 80 は、本発明の多関節に形成された 2 本のアームからなるマニピュレータ 81、82 の複合運動によって、あたかも人間が行なうように介護作業ができるように構成したものである。アームの外周面はクッション材からなるカバー 90 で覆って、安全性を持たせてある。図中、83、83 は立体カメラであり、立体的に監視することによって人間の視覚と同様に距離や大きさを認識できるようにしてある。また、84 は音センサ、85 は通信アンテナである。さらに、86 は該ロボットの位置を決定する GPS（広域測位システム）装置、87 は警報ランプ、88 はモニターである。なお、本実施形態では自走式に形成して例えば図示のように車椅子 89 に被看護人に乗せて走行できるようにしてあるが、寝室や病室等に固定して、入浴補助作業等の看護作業を行なうように構成することも可能である。

【0034】以上、本発明の多関節ロボットの種々の実施形態を示したが、本発明の多関節ロボットは上記実施形態に限るものでなく、その技術思想の範囲内で種々の設計変更が可能である。例えば、オフセット回転関節と同軸回転関節の組合せは上記実施形態に限るものでな

く、その用途に応じて種々の組合せが可能である。図 6 はその組合せの変形例を示し、同軸回転関節及びオフセット回転関節の構造は前記実施形態と同様であるので、同一符号を示し、且つその配列は図面上から明らかであるので詳細な説明は省略する。なお、図 6 (d) において、50 はリンク結合調節機構部であり、フランジ継ぎ手で構成され、該ロボットの補修時等に該部からアームを切り離して分離できるようになっている。また、該フランジ継ぎ手を介して主動側リンク対する従動側リンクの取付角度を調整することもできる。

【0035】さらに、上記実施形態では、オフセット回転関節及び同軸回転関節に電動直接駆動モータを採用しているが、必ずしもそれに限るものでなく、例えば、油圧モータ又は電気・油圧モータを採用することもできる。さらに、同軸回転関節側のオフセット回転関節に油圧モータ系を、エンドエフェクター側に電気モータを採用して、ハイブリッド型にすることも可能である。

【0036】

【発明の効果】本発明のオフセット回転関節は、従動側リンクがリンク軸線とオフセット回転軸線との交点を頂点として、オフセット角度の円錐回転運動するので、該オフセット回転関節を複数設けることによって、回転運動のみの簡単な機構で、エンドエフェクターの広可動範囲での精密な三次元位置決めができる。そして、軸回転のみであるから、容易に精密な位置決め制御が可能であり、しかも大きなトルクを伝えることができる。また、回転駆動モータに電動直接駆動モータを採用することによって、関節を小型軽量に形成することができ、且つ中空の関節を得ることができる。

【0037】本発明の多関節ロボットは、回転機構のみを持つ関節の組合せで多自由度の動きを得ることができ、従来の多関節ロボットと比較して飛躍的に関節の重量軽減ができ、しかも高パワーを得ることができて自重に対するペイロードが大きく、多段接続ができて可動範囲が広く複雑な精密な動きをすることができる。

【0038】本発明の多関節ロボットは、オフセット回転関節及び同軸回転関節を含むアーム全体を連続中空筒体に形成できるので、アーム内に可撓性ホース等を設けることによって、直接ロボット本体から種々の物質やエネルギー又は信号等の供給路として使用することができ、しかも該供給路がアーム筒内にあり、直接外部環境に曝されることがなく保護されるから、悪環境での物質供給等が可能となり、一段と多用途に適用できるロボットを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の多関節ロボットの実施形態を示す正面図であり、エンドエフェクターを複雑な方向に向けた時の曲折動作概要図である。

【図 2】その各オフセット回転関節を一直線状に伸展した状態を示す正面図である。

【図3】その作動正面図であり、アーム自体をハンド機構として被取扱物に巻き付けて保持したときの動作概要図である。

【図4】(a)はそのオフセット回転関節及び同軸回転関節の実施形態を示す正面断面図であり、(b)はそのスリップリング部の拡大図である。

【図5】(a)～(d)は本発明の実施形態に係るオフセット回転関節の作動説明図である。

【図6】(a)～(e)は本発明の実施形態に係るオフセット回転関節の多段接続における種々の組合せ形態を示す要部正面図である。

【図7】本発明の実施形態に係る多関節ロボットのアームに可撓性ホースを貫通させた状態での要部正面断面図である。

【図8】本発明の他の実施形態に係る多関節ロボットのアームに可撓性ホースを貫通させた状態での要部正面断面図である。

【図9】本発明の実施形態に係る多関節ロボットを消火ロボットに適用した場合の、作業状態を示す模式図である。

【図10】本発明の実施形態に係る多関節ロボットを修理ロボットに適用した場合の、作業状態を示す模式図である。

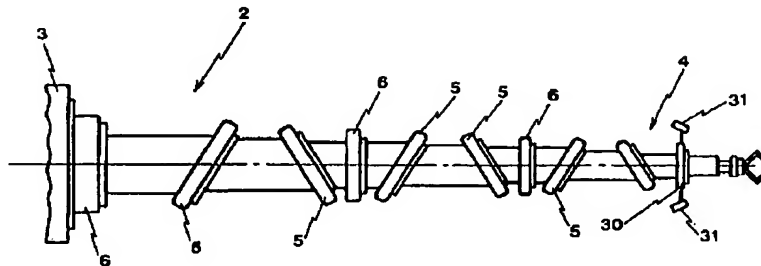
【図11】本発明の実施形態に係る多関節ロボットを介護ロボットに適用した場合の、作業状態を示す模式図である。

#### 【符号の説明】

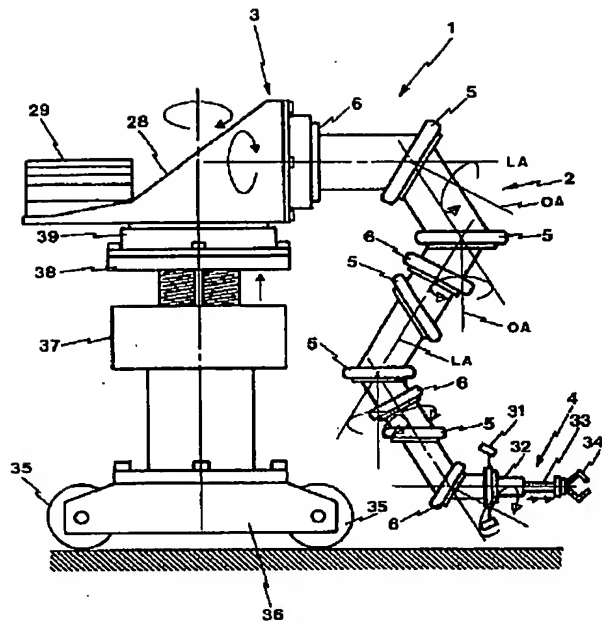
- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1 ロボット      | 2、66、76 アーム |
| 3 ロボット本体    | 4 エンドエフェクタ  |
| 5 オフセット回転関節 | 6 同軸回転関節    |

- |                |               |
|----------------|---------------|
| 7 主動側リンク       | 8、13 作動面      |
| 9 従動側リンク       | 10 回転制御構体     |
| 14 ロータ側フレーム    | 15 ベアリング      |
| 16 ステータコイル     | 17 ロータマグネット   |
| 18 エンコーダ盤      | 19 センサ        |
| 20 ブレーキ盤       | 21 ブレーキシュー    |
| 22 アクチュエータ     | 23、46 電源・信号線  |
| 24 スリップリング装置   | 25、41 アウターリング |
| 26、42 インナーリング  | 28 本体フレーム     |
| 30 先端部同軸回転関節   | 31 視覚センサ      |
| 32 先端部リンク      | 33 リスト        |
| 34 ハンド         | 36 台車         |
| 37 上下駆動アクチュエータ | 38 架台         |
| 39 電動式回転制御構体   | 40 スリップリング装置  |
| 43 スプリング       | 45 可撓性パイプ     |
| 47 端子線         | 49 入力端子       |
| 50 出力端子        | 51 スリップ端子     |
| 60 消防車         | 62、73 ブーム     |
| マスト            | 65 消火ロボット     |
| 63、74 プラットホーム  | 68、78 制御盤     |
| 67 給水ホース装置     | 71 クレーン車      |
| 70 化学プラント      | 80 介護ロボット     |
| 75 修理ロボット      | 83 立体カメラ      |
| 81、82 マニピュレータ  | 85 通信アンテナ     |
| 84 音センサ        | 87 警報ランプ      |
| 86 GPS         |               |
| 88 モニター        |               |

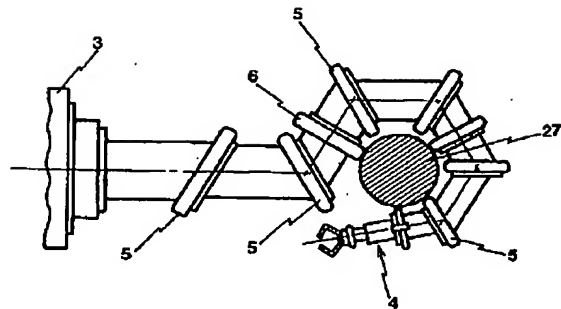
【図2】



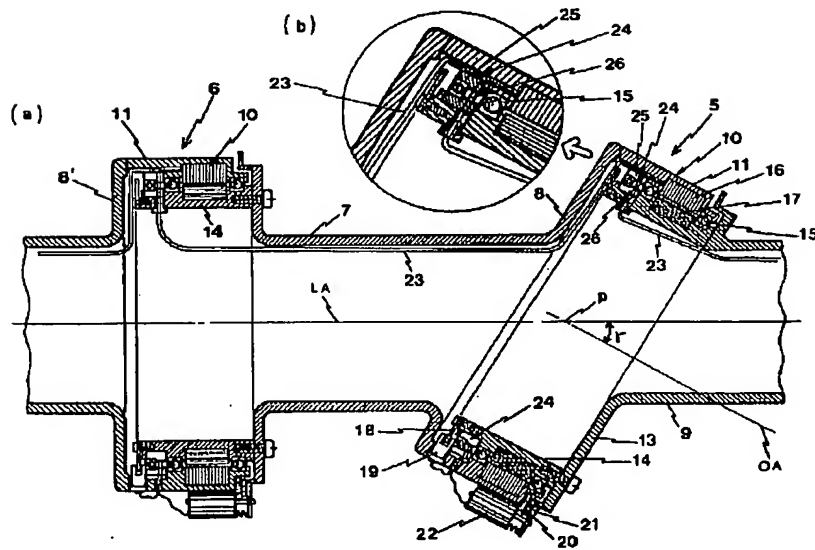
【図1】



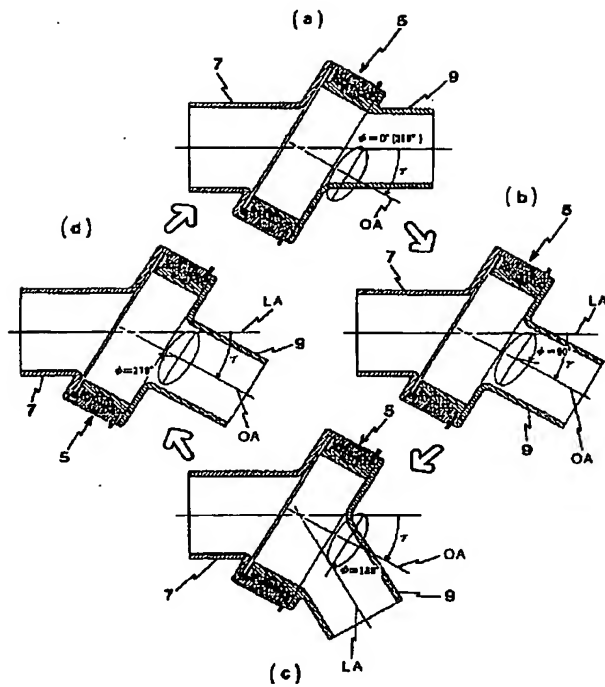
【図3】



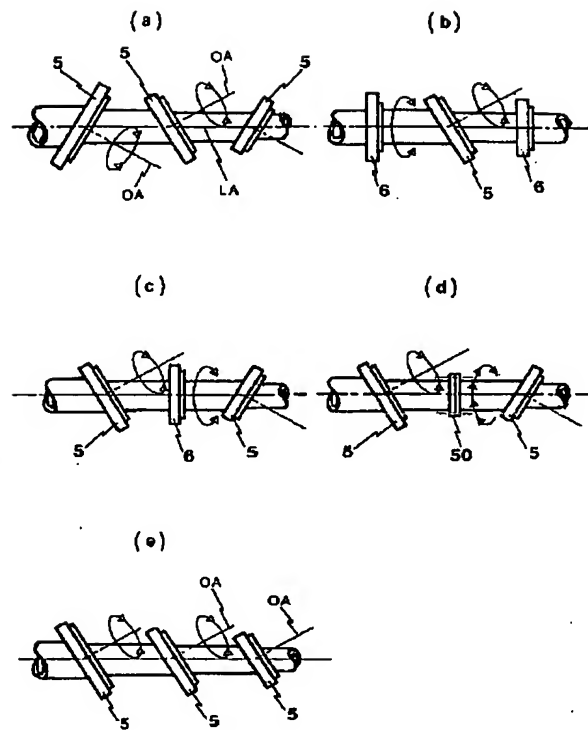
【図4】



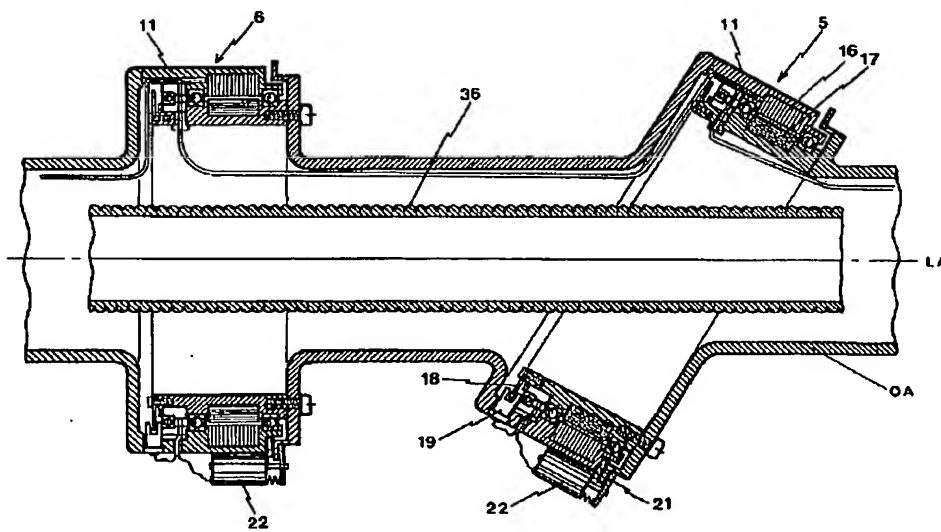
【図5】



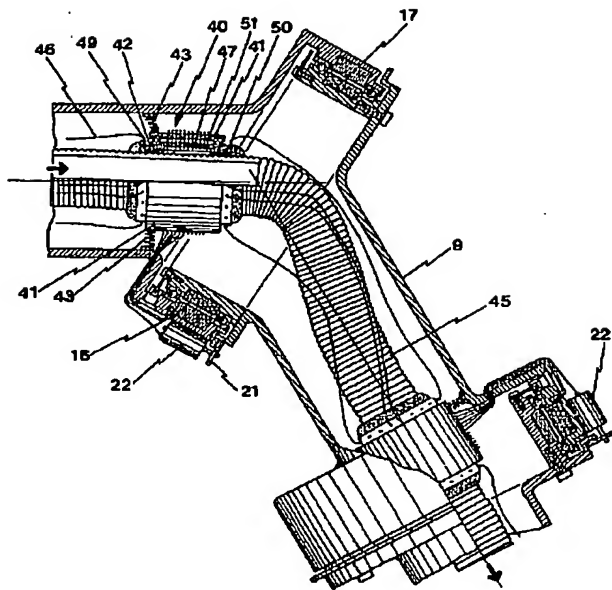
【図6】



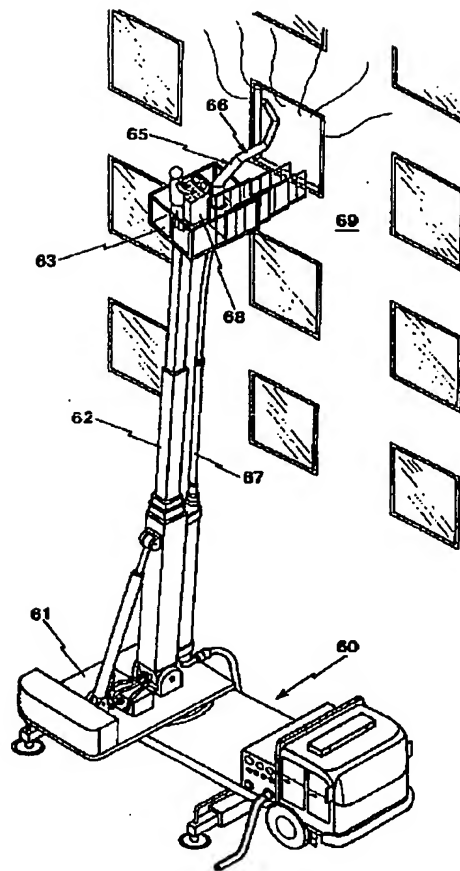
【図7】



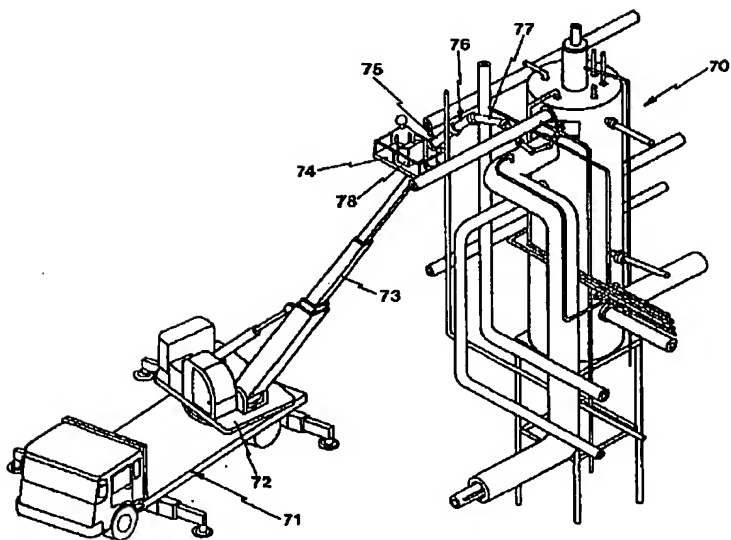
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

